

*В. Л. Сыропятов, В. И. Велькин*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[shuruponog@rambler.ru](mailto:shuruponog@rambler.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОКОВ СЕВЕРНОЙ АЭРАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

*В работе показана возможность использования низкопотенциального тепла хозяйственно-бытовых и канализационных стоков аэрационной станции мегаполиса в тепловых насосах. Приведены поверочные расчеты годового теплового потенциала стоков, составляющего 340215,54 Гкал/год. Выполнено сравнение теплового потенциала очищенных стоков и суммарной тепловой нагрузки объектов Северной аэрационной станции Екатеринбурга.*

Ключевые слова: *нетрадиционные источники энергии; тепловой потенциал; тепловой насос; тепловая нагрузка.*

*V. L. Syropyatov, V. I. Velkin*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## USE OF HOUSEHOLD AND SEWAGE EFFLUENTS HEAT FROM THE NORTHERN AERATION STATION USING HEAT PUMPS

*The paper presents the possibility of using low-potential heat of domestic and sewage effluents of the Northern aeration station and calculated the annual thermal potential of effluents. Approximate calculations of the annual thermal potential of the effluents, amounting to 340215.54 Gcal/year, were carried out. The thermal potential of the treated effluents and the total thermal load of the Northern aeration station facilities are compared.*

Keywords: *non-conventional sources of energy; thermal potential; heat pump; thermal load.*

Запасы традиционных видов топлива ограничены, поэтому в современном мире все большее развитие получает использование

нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Одним из устройств, способных внести существенный вклад в экономию энергии, является тепловой насос. Повышение потенциала (температуры) низкопотенциального тепла позволяет привлечь «новые» источники, такие как окружающий воздух, грунт, сбросное тепло, тепло хозяйственно-бытовых и канализационных стоков, которое нельзя было использовать из-за его низкой температуры. Тепловой насос существенно расширяет возможности применения низкопотенциальной энергии за счет затрат некоторой доли энергии, полностью превращаемой в работу [1].

Современные города не могут обойтись без централизованного водоотведения и очистки стоков перед их последующим сбросом в открытые водоемы. Одной из станций очистки хозяйственно-бытовых и канализационных стоков в Екатеринбурге является Северная аэрационная станция (САС).

САС находится в северной части г. Екатеринбурга (рис. 1, 2).

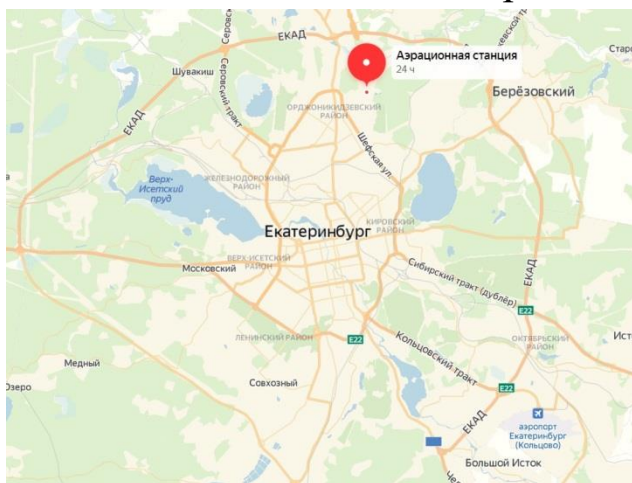


Рис. 1. Расположение Северных очистных в Екатеринбурге



Рис. 2. Географический указатель Северной аэрационной станции

На станции производится очистка бытовых сточных вод, поступающих через канализационную систему от жилых микрорайонов Уралмаш, Эльмаш и части Пионерского поселка [2], а также промышленных стоков от нескольких десятков предприятий, расположенных на территории этих районов. Проектная производительность эксплуатируемых сооружений САС составляет 140 тыс. куб. м в сутки. Очищенные стоки после биологической

очистки и обеззараживания сбрасываются в реку Камышенку (бассейн р. Пышмы) [3]. Температуры стоков на входе в очистные сооружения и на выходе из них имеют отличные друг от друга значения, но разность этих температур незначительна и в зимние месяцы не превышает 3 °С (табл. 1).

Таблица 1

Распределение средних значений температуры стоков  
на входе и на выходе САС за 2018 г.

Параметры	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Температура на входе на очистные сооружения, °С	20	19,7	20,4	20,7	21,9	23,6	25,5	24,2	23,9	23,7	22,7	21,3
Температура на выходе из очистных сооружений, °С	18	18	18,4	19,5	21,4	23,8	25,5	24,7	24	22,6	21,3	20

Температурный градиент  $\Delta t$ , который можно использовать для извлечения низкопотенциального тепла из стоков, можно рассчитать как разность температуры стоков на выходе из очистных сооружений и минимальной температуры сбрасываемых стоков (+5 °С) (табл. 2).

Таблица 2

Температурный градиент стоков

Параметры	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Температура стоков на выходе из очистных сооружений, °С	18	18	18,4	19,5	21,4	23,8	25,5	24,7	24	22,6	21,3	20

Температура сбрасываемых стоков, °С	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Температурный градиент $\Delta t$ , °С	13	13	13,4	14,5	16,4	18,8	20,5	19,7	19	17,6	16,3	15

В табл. 3 представлен тепловой потенциал – количество теплоты, которое можно получить при извлечении низкопотенциального тепла из стоков, определяющееся по формуле:

$$Q = G \cdot \Delta t \cdot C,$$

где  $Q$  – количество теплоты, кВт·ч;  $G$  – количество стоков, кг/ч,  $\Delta t$  – температурный градиент, °С,  $C$  – теплоемкость воды, кДж/(кг·°С).

Таблица 3

Тепловой потенциал стоков

Параметры	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Количество стоков, куб. м/сут	51500	52300	52800	59900	54700	54200	55500	57000	57300	63400	63000	55700
Температурный градиент $\Delta t$ , °С	13	13	13,4	14,5	16,4	18,8	20,5	19,7	19	17,6	16,3	15
Тепловой потенциал, Гкал/ч	27,90	28,33	29,48	36,19	37,38	42,46	47,41	46,79	45,36	46,50	42,79	34,81
Тепловой потенциал, Гкал/мес.	20755,49	19038,11	21934,17	26057,74	27810,81	30570,26	35271,93	34811,56	32662,56	34592,69	30808,47	25901,74
Тепловой потенциал, Гкал/год	340215,54											

Таким образом, тепловой потенциал очищенных сточных вод Северной аэрационной станции составляет 340215,54 Гкал/год. Этот потенциал может быть использован в целях отопления, вентиляции и горячего водоснабжения объектов САС с применением тепловых насосов.

На рис. 3 приведена принципиальная схема применения теплового насоса для извлечения низкопотенциального тепла из стоков.

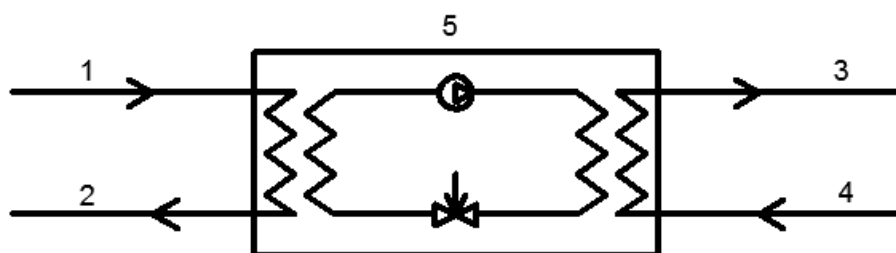


Рис. 3. Принципиальная схема применения теплового насоса для извлечения низкопотенциального тепла из стоков:

1 – очищенные стоки; 2 – сбросные стоки; 3 – нагретый теплоноситель, направляемый потребителю; 4 – охлажденный теплоноситель от потребителя; 5 – парокомпрессионный тепловой насос

Экономия от снижения энергопотребления зависит, в том числе, от климатических условий района строительства [6]. Учитывая показатель «градусо-суток отопительного периода» (ГСОП), составляющий для Екатеринбурга около 6000 ГСОП [7], можно с уверенностью утверждать, что применение тепловых насосов и прочих нетрадиционных источников энергии является актуальным мероприятием для Екатеринбурга.

Суммарная тепловая нагрузка на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение объектов САС составляет 11584,5 Гкал/год.

Проведенные ориентировочные расчеты показывают, что тепловой потенциал очищенных сточных вод Северной аэрационной станции, составляющий 340215,54 Гкал/год, не только может обеспечить теплоснабжение зданий и сооружений САС, но и может быть использован для теплоснабжения близлежащих объектов.

#### Список использованных источников

1. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы / пер. с англ. М. : Энергоиздат, 1982. 224 с., ил.
2. Северная аэрационная станция / МУП «Водоканал» г. Екатеринбург [Электронный ресурс]. URL: <https://www.водоканалекб.рф/10-wastewater/209-severnaya-aeratsionnaya-stantsiya> (дата обращения: 03.11.2019).
3. Идем на север / МУП «Водоканал» г. Екатеринбург [Электронный ресурс]. URL: <https://www.водоканалекб.рф/путь-воды/идем-на-север> (дата обращения: 03.11.2019).
4. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для систем отопления и горячего водоснабжения / пер. с нем. Н. Л. Кораблевой, Е. Ш. Фельдмана ; под ред. Б. К. Явнеля. М. : Стройиздат, 1985. 351 с.
5. Гирфанова В. В., Геворгян А., Велькин В. И. Повышение эффективности отопления зданий подключением теплового насоса // Лучшая студенческая статья 2018 : сборник статей XIII Международного научно-практического конкурса, Пенза, 25 февраля 2018 г. В 2 ч. Ч. 1. Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. С. 95–101.
6. Камотина Е. В., Швецов М. А., Гирфанова В. В., Велькин В. И. Снижение эксплуатационных затрат и повышение эффективности теплоснабжения применением солнечных коллекторов и теплового насоса на объектах мегаполиса // Системы обеспечения техносферной безопасности : материалы V Всероссийской конференции и школы для молодых ученых (с международным участием). Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2018. С. 312–314.
7. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99, утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 275; с изм. № 2, утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2015 г. № 823/пр. Введ. 01.12.2015. М. : Минстрой России, 2015. 120 с.